

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 43 17 274 A 1

51 Int. Cl.⁵:
C 23 F 1/24
C 23 C 14/00
H 01 L 21/306

21 Aktenzeichen: P 43 17 274.1
22 Anmeldetag: 25. 5. 93
43 Offenlegungstag: 1. 12. 94

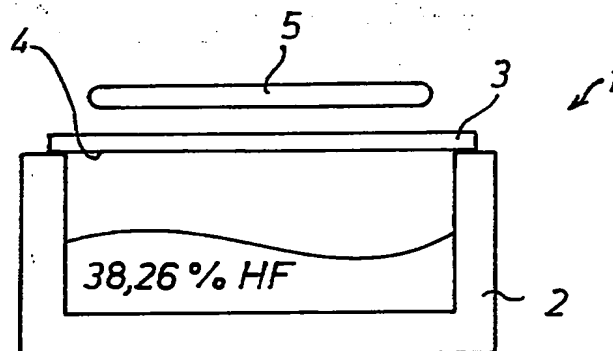
DE 43 17 274 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Offenberg, Michael, Dr.-Ing. Dr., 72076 Tübingen, DE

54 Verfahren zur Herstellung oberflächen-mikromechanischer Strukturen

57 In einem Verfahren zur Herstellung oberflächen-mikromechanischer Strukturen wird auf ein Siliziumsubstrat als Siliziumwafer eine Opferschicht, insbesondere aus Siliziumoxid, deponiert und strukturiert. Auf der Opferschicht wird eine zweite Schicht, insbesondere aus Polysilizium, abgeschieden und ebenfalls strukturiert. Die Opferschicht wird in einem Ätzvorgang entfernt, mit einem Ätzmedium, das die Opferschicht, jedoch nicht die zweite Schicht, angreift, wodurch Strukturen entstehen, die im Abstand der Dicke der entfernten Opferschicht frei über dem Siliziumsubstrat stehen und an gewissen Stellen auf dem Siliziumsubstrat verankert sind. Erfindungsgemäß werden zum Ätzen und zur Freilegung die mikromechanischen Strukturen der Dampfphase eines Gemisches aus anhydrier Flußsäure und Wasser in einer Dampfphasenätzung ausgesetzt. Dadurch können aufwendige Spülvorgänge und Sublimationen entfallen.



DE 43 17 274 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 94 408 048/58

7/36

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung oberflächen-mikromechanischer Strukturen gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Aus der Druckschrift WO 92/03740 ist ein Verfahren zur Herstellung oberflächen-mikromechanischer Strukturen bekannt, wobei auf ein Siliziumsubstrat als Siliziumwafer eine Opferschicht aus Siliziumoxid deponiert und so strukturiert wird, daß u. a. Fenster zum Siliziumsubstrat als spätere Verankerungsstellen für freie Strukturen geschaffen werden. Auf der Opferschicht wird eine zweite Schicht aus Polysilizium abgeschieden und ebenfalls strukturiert entsprechend der lateralen Begrenzungen der späteren freien Strukturen.

Anschließend wird mit wäßriger Flußsäurelösung als Ätzlösung, die eine hohe Selektivität gegenüber polykristallinem Silizium und damit gegenüber der zweiten Schicht aufweist, die Opferschicht entfernt. Dadurch entstehen Strukturen, die im Abstand der Dicke der entfernten Opferschicht frei über dem Siliziumsubstrat stehen und an den vorher strukturierten Fensterstellen der Opferschicht auf dem Siliziumsubstrat verankert sind.

Nach dem Ätzen wird der Siliziumwafer gespült, wobei die Spülflüssigkeit anschließend vom Wafer und den mikromechanischen Strukturen wieder entfernt werden muß. Ein an sich übliches Trocknen durch Schleudern oder Heizen ist jedoch hier nicht möglich, da die sich zurückziehenden Flüssigkeiten durch ihre Oberflächenspannung Kräfte auf die freigeätzten Mikrostrukturen ausüben würden. Dadurch würden die flexiblen, freigelegten Mikrostrukturen deformiert werden, sich an das Siliziumsubstrat anlegen und damit irreversibel auf der Substratoberfläche haften bleiben. Es ist daher bekannt, die Spülflüssigkeit durch eine Flüssigkeit auszutauschen, die entweder durch Einfrieren (z. B. Cyclohexan) oder durch Lösemittelentzug (Fotolack/Azetongemisch) in die feste Phase überführt werden kann. Anschließend erfolgt durch Sublimation oder durch chemische Reaktion, z. B. durch den bekannten Fotolack/Azeton-Verdampfungsprozeß der Übergang vom festen in den gasförmigen Zustand, bei dem nur minimale Kräfte durch Oberflächenspannungen auftreten und dadurch die mikromechanischen Strukturen frei bleiben.

Vorteile der Erfindung

Bei dem gattungsgemäßen Herstellungsverfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs wird zum Ätzen und zur Freilegung der mikromechanischen Strukturen der Siliziumwafer in keine Ätzflüssigkeit getaucht und braucht daher auch nicht aufwendig getrocknet zu werden. Der Siliziumwafer wird dagegen der Dampfphase eines Gemisches aus anhydrierter Flußsäure und Wasser in einer Dampfphasenätzung ausgesetzt, wobei durch geeignete Maßnahmen, z. B. durch Heizen des Wafers, sicherzustellen ist, daß sich kein Kondensat auf der Waferoberfläche bildet, welches die frei werdenden mikromechanischen Strukturen anhaften läßt. Obwohl Wasser in der Ätzreaktion ein Produkt ist, ist es auch als Initiator notwendig, da bei der Entfernung von Siliziumoxid die Reaktion über Zwischenschritte nach der Reaktionsgleichung erfolgt:



Vorteilhaft läßt sich daher durch Einstellen des Wassergehalts an der Waferoberfläche die Reaktionsgeschwindigkeit steuern und der Ätzvorgang kontrollieren. Neben dem aus der Dampfphase stammenden Wasser beeinflusst die Menge des vor der Ätzung adsorbierten bzw. adsorbierten Wassers die Ätzrate. Es sind kurze Ätzzeiten von nur wenigen Stunden möglich und nach einer Dampfphasenätzung sind die mikromechanischen Strukturen frei und trocken. Zeitaufwendige Sublimationen und Spülen mit bis zu mehreren Tagen Dauer, wie sie beim herkömmlichen Verfahren anfallen, sind nicht erforderlich. Durch die geringen Krafteinwirkungen bei der Dampfphasenätzung auf die Strukturen sind auch sehr empfindliche Strukturen realisierbar. Die Dampfphasenätzung läßt sich an verschiedenen Stellen der IC-Herstellung durchführen und erleichtert damit die Verwendung von Standardtechniken und die Integrierbarkeit von Auswerteelektronik. Zudem kann das Verfahren mit einfachen Mitteln durchgeführt und auf bestehende Prozesse übertragen werden.

Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen des Herstellungsverfahrens nach dem Hauptanspruch zum Inhalt. Insbesondere kann vorteilhaft eine Opferschicht aus undotiertem Siliziumoxid direkt mit der Dampfphasenätzung entfernt werden. Es sind zudem mechanische Verstärkungen zwischen dem Siliziumsubstrat und den freizuätzenden Strukturen möglich, die erst zum Ende des Prozesses entfernt werden. Es können auch Opferschichten aus dotiertem Siliziumoxid in einem ersten herkömmlichen Ätzvorgang mit flüssiger Ätzlösung entfernt und eine Spülflüssigkeit durch Schleudern entfernt werden, wobei anschließend durch einen zweiten Ätzvorgang in der trockenen Dampfphasenätzung Verstärkungen entfernt werden. Zum Schutz der mikromechanischen Strukturen, insbesondere bei der Vereinzelung, sind in einfacher Weise auch verkapselte Anordnungen ausführbar. Die Opferschichtentfernung mit einer Dampfphasenätzung erfordert keine Prozeßschritte auf Waferebene und kann auch nach der Vereinzelung auf Chipebene durchgeführt werden. Bei einer azeotropen Konzentration der Flußsäure von 38,26% entspricht das Verhältnis Flußsäure/Wasser in der flüssigen Phase dem in der Gasphase, so daß konstante Ätzbedingungen über der Zeit erhalten werden.

Besonders vorteilhaft kann mit Hilfe einer Teststruktur und einer Kapazitätsmessung eine In-Situ-Ätzratenkontrolle durchgeführt werden, da hier das Ätzmedium elektrisch nicht leitet.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch ein Gefäß, das teilweise mit anhydrierter Flußsäure und Wasser gefüllt ist und auf das ein Siliziumwafer aufgelegt ist.

Fig. 2 eine perspektivische Draufsicht auf eine relativ große, mikromechanische Struktur eines Beschleunigungssensors mit aufgebrachten, mechanischen Verstärkungen,

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine Ausführung, ähnlich Fig. 2, mit einer Kapselung,

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine Teststruktur zu einer In-Situ-Ätzratenkontrolle und

Fig. 5 ein Diagramm zur Veränderung der Kapazität in der Anordnung nach Fig. 4.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

In Fig. 1 ist eine Anordnung 1 zu einer Dampfphasenätzung dargestellt, mit einem Behälter 2, die eine Flußsäurelösung HF mit einer azeotropischen Konzentration von 38,26% enthält. Auf den Behälter ist ein Siliziumwafer 3 dicht aufgesetzt, so daß die Oberfläche 4, auf der mikromechanische Strukturen hergestellt werden, der Behälterinnenseite zugewandt und damit der Dampfphase aus anhydrierter Flußsäure und Wasser ausgesetzt ist. Der Siliziumwafer 3 kann eine Vielzahl von Siliziumsubstraten 9 aufweisen.

Über dem Wafer 3 ist eine flächige Heizung 5 zu dessen Beheizung angeordnet. Neben einer Heizung kann eine Kondensation eines Wasserfilms auch durch ein Pumpen verhindert werden.

Der Siliziumwafer 3 ist vor der Dampfphasenätzung in der Anordnung gemäß Fig. 1 so aufgebaut, daß auf einem Siliziumsubstrat eine Opferschicht aus Siliziumoxid mit Fenstern für spätere Verankerungen der Strukturelemente deponiert ist. Auf der Opferschicht ist eine zweite Schicht aus Polysilizium abgeschieden und entsprechend der lateralen Begrenzungen der Strukturelemente strukturiert.

In der Anordnung gemäß Fig. 1 wird durch die Dampfphasenätzung die Opferschicht trocken entfernt, so daß freistehende Strukturelemente im Abstand der Dicke der Opferschicht frei über dem Substrat stehen.

Durch kontrollierte Beheizung des Siliziumwafers 3 mit dem Heizelement 5 wird der Wassergehalt an der Waferoberfläche 4 eingestellt, wodurch die Ätzrate steuerbar ist. Bei einer undotierten Opferschicht aus Siliziumoxid kann mit dieser Anordnung und mit diesem Verfahren die Opferschicht direkt entfernt werden, wobei nur minimale Kräfte auf die freigelegten Strukturen auftreten.

Da bei der Realisierung von oberflächen-mikromechanischen Strukturen und Sensoren oft auch elektronische Schaltungen, insbesondere in der Art von Auswerteschaltungen, integriert werden, müssen diese durch einen geeigneten IC-kompatiblen Schutzfilm vor dem Ätzmedium geschützt werden. Bei herkömmlichen Ätzungen in flüssigen Ätzmedien zeigen Fotolacke die Tendenz, aufzuquellen und sich bereits nach kurzer Zeit abzulösen, lange bevor der Ätzvorgang abgeschlossen ist, so daß die Schutzwirkung entfällt. Bei der vorliegenden Dampfphasenätzung zeigt dagegen gewöhnlicher Positivlack eine sehr gute Resistenz gegen das Ätzmedium und stellt damit während des gesamten Ätzvorgangs einen wirksamen Schutz für integrierte Schaltungen dar. Nach der Dampfphasenätzung wird der Fotolack mit Sauerstoffplasma entfernt.

In Fig. 2 ist eine relativ große freizulegende Struktur 6 als Meßelement eines Beschleunigungssensors dargestellt. Die Struktur 6 besteht im wesentlichen aus einer Masse als Platte 7, die an den Ecken über vier Schenkel 8 mit dem Siliziumsubstrat 9 als Träger verbunden und dadurch mechanisch sehr weich aufgehängt sind. Im gezeigten Zustand ist die Platte 7 mit ihren Schenkeln 8 über Ätzgräben 10 in ihrer lateralen Begrenzung freigeätzt. Mit der nun folgenden Dampfphasenätzung entsprechend Fig. 1 soll die (nicht explizit dargestellte) Opferschicht aus Siliziumoxid unter der Platte 7 entfernt werden.

Wegen der mechanisch sehr weichen Aufhängung

können bereits geringste Kräfte beim Freilätzen eine Auslenkung der Masse bzw. Platte 7 bewirken und zu einem irreversiblen Anhaften führen. Um dem entgegenzuwirken, sind vor der Dampfphasenätzung Versteifungen aus Fotolack zwischen der freizulegenden Struktur bzw. Platte 7 und dem Träger aus Siliziumsubstrat 9 angebracht. Diese Versteifungen 11 können am Rand oder auch in der Mitte der jeweiligen Masse in beliebiger Zahl angebracht werden und verhindern eine Auslenkung und damit ein Anhaften während des Ätzvorgangs. Dabei wird die Ätzresistenz von Fotolacken bezüglich des verwendeten Ätzmediums ausgenutzt, so daß die jeweilige Masse bzw. Platte 7 mit temporären Versteifungen versehen ist.

Diese Versteifungen aus Fotolack werden zweckmäßig zugleich mit einem Fotolack-Schutzfilm für elektronische Schaltungen aufgebracht. Nach dem Freilätzen wird der Fotolack, d. h. gegebenenfalls ein Schutzfilm und die Versteifungen, mit Sauerstoffplasma entfernt, wodurch die Strukturen freigegeben werden.

Mit dem beschriebenen Verfahren kann eine Opferschicht aus undotiertem Siliziumoxid vollständig entfernt werden. Bei einem Druck im mtorr-Bereich ist dieses Verfahren auch zur Ätzung von PSG (Phosphorsilikat-Gläsern) geeignet. Es werden jedoch auch dotierte Oxide (Bor- oder Phosphorsilikatglas) oder Silizium-Nitride für Opferschichten eingesetzt. Bei der Ätzung in flüssigen Medien lassen sich solche dotierte Opferschichten rückstandsfrei ätzen. Bei der erfindungsgemäßen Dampfphasenätzung reichern sich jedoch Bestandteile der Opferschichten, z. B. Dotierstoffe, auf der Siliziumsubstratoberfläche an und hinterlassen Filme bzw. Partikel, die zwar wasserlöslich sind, aber im vorliegenden, trockenen Verfahren nicht entfernt werden können, ohne dessen Vorteile aufzugeben. Damit ist eine Ätzung dieser dotierten Opferschichten in der Dampfphase praktisch nicht durchführbar. Es sind aber dennoch die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens auch hier nutzbar. Dazu werden ebenfalls Versteifungen 11 an der Struktur 6 angebracht, wie sie beispielsweise in Fig. 2 dargestellt sind. Diese Versteifungen sind hier aus einem, gegenüber der zu entfernenden Opferschicht, langsam ätzenden Material hergestellt. Zum Freilätzen der Strukturen wird eine Zweistufenätzung durchgeführt: Zunächst wird nach den bekannten Verfahren in einer Ätzflüssigkeit die Opferschicht rückstandsfrei entfernt. Dabei bleiben die langsamer ätzenden Versteifungen 11 noch weitgehend erhalten, wodurch die freizulegende Struktur bzw. Platte 7 an einer Auslenkung gehindert ist und nicht anhaften kann. Durch die Festlegung und Fixierung über die Versteifungen 11 kann auf die Strukturen ohne negative Auswirkung eine relativ große Kraft einwirken, so daß eine Trocknung des Siliziumwafers durch einfaches Schleudern möglich ist. Aufwendige Sublimationsverfahren oder chemische Verfahren zur Trocknung können entfallen. Im Anschluß daran werden die Versteifungen 11 in einer erfindungsgemäßen, trockenen Dampfphasenätzung entfernt und die Strukturen liegen damit frei.

In Fig. 3 ist ein ähnlicher Aufbau einer Struktur 6 dargestellt wie in Fig. 2, so daß für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen verwendet sind. Auch hier ist eine Masse als Platte 7 eines Beschleunigungssensors über Schenkel 8 relativ weich an einem umgebenden Siliziumsubstrat 9 aufgehängt, wobei vor der Dampfphasenätzung der Opferschicht unter der Platte 7 Versteifungen 11 als Brücken angebracht sind. Zudem ist die Struktur 6 durch eine Abdeckung 12 aus Polysilizium gekapselt. An den seitli-

chen Aufstandsflächen der Abdeckung 12 sind Ätzöffnungen 13 als Durchgänge zur Struktur 6 angebracht.

Für die Versteifungen 11 kann bei dieser verkapselten Ausführungsform kein Fotolack verwendet werden, da über diesem aus Temperaturgründen keine zweite Polysiliziumschicht als Abdeckung 2 deponiert werden kann. Es wird daher anstelle von Fotolack ein in der Dampfphasenätzung langsam und rückstandsfrei ätzendes Material verwendet, das zu LPCVD-Depositionen (Low Pressure Chemical Vapor Deposited) kompatibel ist. Auch dieses Material dient zur temporären Versteifung und ätzt langsamer als das Material der Opferschicht. Als geeignetes Material für diese temporären Versteifungen 11 kommt hier eine dünne Polysiliziumschicht in Frage, deren Ätzselektivität gegenüber dem Siliziumoxid der Opferschicht durch Sauerstoffimplantation gezielt eingestellt werden kann.

Zum Freiätzen dringt das Ätzmedium durch die Ätzöffnungen 13 zur Struktur 6 in den geschaffenen Innenraum ein. In einem ersten Ätzabschnitt wird zunächst die Opferschicht vollständig entfernt, wobei die Versteifungen 11 nur zum Teil angegriffen werden und ihre Abstützfunktion weiter behalten, so daß die freizulegende Masse bzw. Platte 7 in ihrer Stellung fixiert ist und ein Anhaften auf den Träger verhindert wird. In einem zweiten Ätzabschnitt werden dann die Versteifungen 11 durch Weiterätzen entfernt, wodurch die Struktur bzw. Platte 7 freigegeben wird. Danach läßt sich die Kammeranordnung durch Deposition einer weiteren Schicht verschließen und der Wafer weiterbearbeiten bzw. vereinzeln. Eine gekapselte Anordnung ist bei der Vereinzelung des Wafers auf einer Standardsäge vorteilhaft, da dann kein Sägeschlamm und Kühlflüssigkeit unter die freigelegten Strukturen gelangen kann.

Eine andere Möglichkeit, diese Probleme beim Sägen und vereinzeln mikromechanischer Elemente zu umgehen, liegt in der Vertauschung der sonst üblichen Abfolge von Opferschichtätzen und Sägen. Da das erfindungsgemäße Verfahren mit Dampfphasenätzung im Gegensatz zu den bekannten Verfahren mit Flüssigkeitsätzung keine Prozessschritte auf Waferebene erfordert, kann die Opferschichtätzung auch nach der Vereinzelung auf Chipebene durchgeführt werden. Die Vereinzelung wird zweckmäßig auf einer Sägefolie mit adhäsiver Beschichtung vorgenommen. Zum Schutz der strukturierten, aber noch nicht freigelegten, mikromechanischen Strukturen, kann die Oberfläche durch eine Spezialfolie vor dem Sägeschlamm geschützt werden. Nach dem Entfernen der oberen Folie werden die vereinzelt Chips auf der Sägefolie dem Ätzmedium in der Dampfphasenätzung ausgesetzt und die Opferschicht entfernt. Gegebenenfalls vorhandene, integrierte Schaltungen werden auch hierbei durch Fotolack geschützt.

In Fig. 4 ist eine Teststruktur dargestellt, die zusätzlich für eine In-Situ-Ätzratenkontrolle, zur Steuerung und Ätzendpunkterkennung auf dem Siliziumwafer angebracht ist. Hierzu ist auf dem Siliziumsubstrat 9 ein Bereich der Opferschicht 14 abgegrenzt und mit der zweiten Schicht 15 aus abgeschiedenem Polysilizium abgedeckt. Die Schicht 15 enthält Lochreihen 16, wobei die Löcher bis zur Opferschicht 14 durchgehen. Die Darstellung nach Fig. 4 zeigt einen Zustand in einem bereits fortgeschrittenen Ätzstadium, bei dem Ätzmedium in der Dampfphasenätzung durch die Lochreihen 16 zur Opferschicht 14 eingedrungen ist und jeweils unter einem Loch bereits eine wannenförmige Vertiefung 17 weggeätzt hat.

Auf das Siliziumsubstrat 9 und auf die zweite Schicht

15 sind Kontaktspitzen 18, 19 für eine Kapazitätsmessung aufgesetzt.

Nachfolgend wird die Funktion der In-Situ-Ätzratenkontrolle durch die Teststruktur in Verbindung mit Fig. 5 erläutert: Da die Ätzrate der Opferschicht durch externe Faktoren, wie Adsorption von Wasser an der Oberfläche beeinflusst werden, ist eine genaue Steuerung am günstigsten durch eine In-Situ-Kontrolle durchführbar. Da bei der erfindungsgemäßen Dampfphasenätzung das Ätzmedium elektrisch nicht leitet, kann im Gegensatz zum herkömmlichen Verfahren mit flüssigen Ätzmedien der Wafer elektrisch mit den Kontaktspitzen 18, 19 kontaktiert werden. Das Siliziumsubstrat 9 und die zweite Schicht 15 aus Polysilizium bilden die Kondensatorplatten eines Kondensators. Beim Start des Ätzvorgangs ist der Zwischenraum zwischen den Kondensatorplatten vollständig mit der Opferschicht als Dielektrikum ausgefüllt. Das Siliziumoxid der Opferschicht wird im Laufe des Ätzvorgangs zunehmend geätzt und durch Luft ersetzt, entsprechend der Darstellung in Fig. 5. Dadurch sinkt die effektive, relative Dielektrizitätskonstante von 3,85 (Cox für Siliziumoxid) auf 1 (C_{Luft} für Luft). Der Ätzfortschritt kann somit an der Änderung des kapazitiven Signals, wie es über die Kontaktspitzen 18, 19 abgegriffen wird, verfolgt werden.

Bei konstanter Ätzrate nimmt bei üblichen Anordnungen die gemessene Kapazität zunächst mit einer quadratischen Zeitabhängigkeit ab und geht dann bei Überlappung von Ätzfronten in eine Sättigung über, so daß sich insgesamt der in Fig. 5 dargestellte, S-förmige Verlauf über die Zeitachse ergibt. Anreicherung und Verarmung von Wasser an der Oberfläche machen sich durch ein Abweichen von einer solchen S-förmigen Sollkurve bemerkbar und lassen sich in einem Regelkreis durch Änderung der Heizleistung der Heizung 5 kompensieren. Damit läßt sich der Ätzvorgang in einem sicheren Arbeitsbereich fahren, bei dem kritische Zustände, beispielsweise durch Bildung eines Wasserfilms auf der Oberfläche, verhindert werden.

Nach vollständiger Entfernung der Opferschicht 14 wird die Schicht 15 unter dem Druck der aufgesetzten Kontaktspitze 18 komprimiert und kommt dadurch zur Anlage am Siliziumsubstrat 9. Dies zeigt sich durch eine abrupte Erhöhung des Kapazitätssignals bzw. durch einen Kurzschluß, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist. Dadurch wird der Endpunkt des Ätzvorgangs angegeben, entsprechend dem Pfeil 20. Eine solche In-Situ-Messung der Ätzrate ermöglicht die Vermeidung von Unter- und Überätzungen und von kritischen Arbeitsbereichen sowie die Regelung der Ätzrate in weiten Bereichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung oberflächen-mikromechanischer Strukturen, wobei auf ein Siliziumsubstrat (9) eine Opferschicht (14) deponiert und strukturiert wird, auf der Opferschicht (14) eine zweite Schicht (15) abgeschieden und strukturiert wird, die Opferschicht (14) in einem Ätzvorgang entfernt wird mit einem Ätzmedium, das die Opferschicht (14), jedoch nicht die zweite Schicht (15) angreift, wodurch Strukturen (7) entstehen, die in etwa im Abstand der Dicke der entfernten Opferschicht (14) frei über dem Siliziumsubstrat (9) stehen und an gewissen Stellen auf dem Siliziumsubstrat (9) verankert sind, dadurch gekennzeichnet, daß zur Freilegung der mikromechanischen Struk-

turen (7) das Siliziumsubstrat (9) der Dampfphase eines Gemisches aus Flußsäure (HF) und Wasser in einer Dampfphasenätzung ausgesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Siliziumwafer (3) bei der Dampfphasenätzung über einem Behälter (2) angeordnet ist, der eine azeotrope Flußsäurelösung (38,26%) enthält und die Oberfläche (4) des Siliziumwafers (3) mit den freizulegenden Strukturen dem Behälterinnenraum zugewandt und der gesättigten Dampfphase ausgesetzt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Siliziumwafer (3) während der Dampfphasenätzung beheizt (Heizung 5) wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kondensation durch Pumpen verhindert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Schicht (15) aus Polysilizium und die Opferschicht (14) aus undotiertem Siliziumoxid besteht und diese mit der Dampfphasenätzung in der Dampfphase des Gemisches aus anhydrierter Flußsäure und Wasser ohne anschließende Spülung und Trocknung entfernt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Dampfphasenätzung der Wassergehalt auf der Oberfläche (4) des Siliziumwafers (5) zur Steuerung der Ätzrate auf einen bestimmten Wert eingestellt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Dampfphasenätzung zusätzliche, auf dem Siliziumwafer (3) angeordnete, elektronische Schaltungen zum Schutz vor dem Ätzmedium durch einen Schutzfilm aus Fotolack abgedeckt werden und dieser Schutzfilm nach der Dampfphasenätzung in einem Fotolackstripper mit Sauerstoffplasma entfernt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Dampfphasenätzung Versteifungen (11) aus Fotolack als Brücken zwischen den freizulegenden Strukturen (Platte 7), insbesondere von großen Strukturen und dem Siliziumsubstrat (9), hergestellt werden, daß bei der Dampfphasenätzung durch Entfernung der Opferschicht die Strukturen (Platte 7) freigelegt und durch die ätzresistenteren Fotolack-Versteifungen (11) in ihrer Ausgangslage stabilisiert werden und daß nach der Dampfphasenätzung die Versteifungen (11) mit Sauerstoffplasma entfernt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Herstellung verkapselter Strukturen vor der Dampfphasenätzung Versteifungen (11) aus einem in der Dampfphase langsam und rückstandsfrei ätzenden Material, das zudem zu LPCVD-Depositionen (Low Pressure Chemical Vapor Deposited) kompatibel ist, als Brücken zwischen den freizulegenden Strukturen (Platte 7), insbesondere von großen Strukturen und dem Siliziumsubstrat (9), hergestellt werden, daß als Kapselung in einer LPCVD-Deposition eine weitere Schicht (Abdeckung 12) mit Ätzöffnungen (13) zur freizulegenden Struktur angebracht ist, daß in einem ersten Ätzschritt mit der Dampfphasenätzung das Siliziumoxid der Opferschicht vollständig entfernt wird, wobei die langsam ätzenden Versteifungen (11) nur zum Teil angegriffen werden, daß in einem zweiten Ätzschritt durch Weiterätzen die

Versteifungen (11) entfernt und die Struktur freigegeben wird und daß anschließend durch Deposition einer weiteren Schicht die Verkapselung verschlossen, der Wafer weiterbearbeitet und vereinzelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß als temporäre Versteifungen (11) eine dünne Polysiliziumschicht verwendet wird, deren Ätzselektivität gegenüber der Opferschicht aus Siliziumoxid durch Sauerstoffimplantation gezielt eingestellt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vereinzelnung vor der Dampfphasenätzung erfolgt und die Dampfphasenätzung auf Chipebene durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine Teststruktur angebracht ist, bei der ein Bereich der zweiten Schicht (15) aus Polysilizium und das Siliziumsubstrat (9) als Kondensatorplatten mit dazwischenliegender Opferschicht (14) als Dielektrikum kontaktiert (Kontaktspitzen 18, 19) werden und daß während der Dampfphasenätzung beim Ersetzen der Opferschicht (14) durch Luft die effektive, relative Dielektrizitätskonstante sinkt und über ein entsprechendes, kapazitives Signal der Ätzfortschritt verfolgt und gegebenenfalls gesteuert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf der zweiten Schicht (15) eine Kontaktspitze (18) mit Druck aufgesetzt ist, die Teststruktur nach der Entfernung der Opferschicht (14) durch die Kontaktspitze (18) komprimiert wird, wodurch die zweite Schicht (15) am Siliziumsubstrat (9) anliegt und dadurch ein Kurzschluß bzw. eine abrupte Erhöhung des Kapazitätssignals erfolgt und damit ein Ende des Ätzvorgangs angegeben wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Schicht aus Polysilizium und die Opferschicht aus dotiertem Siliziumoxid besteht, daß vor einem Ätzvorgang zur Entfernung der Opferschicht Versteifungen aus einem langsam ätzenden Material, insbesondere aus Polysilizium mit Sauerstoffimplantation, als Brücken zwischen den freizulegenden Strukturen und dem Siliziumsubstrat hergestellt werden, daß in einem ersten Ätzschritt in einer Flüssigphase eines Ätzmediums die Opferschicht vollständig entfernt wird, wobei die langsam ätzenden Versteifungen nur zum Teil angegriffen werden und ihre Versteifungsfunktion weiter erfüllen, daß der Siliziumwafer gespült und durch Schleudern getrocknet wird, wobei die Versteifungen die Strukturen in ihrer Lage halten und ein Anhaften auf der Substratoberfläche verhindern und daß in einem zweiten Ätzschritt mit Hilfe der Dampfphasenätzung die Versteifungen entfernt und dadurch die Strukturen freigegeben werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

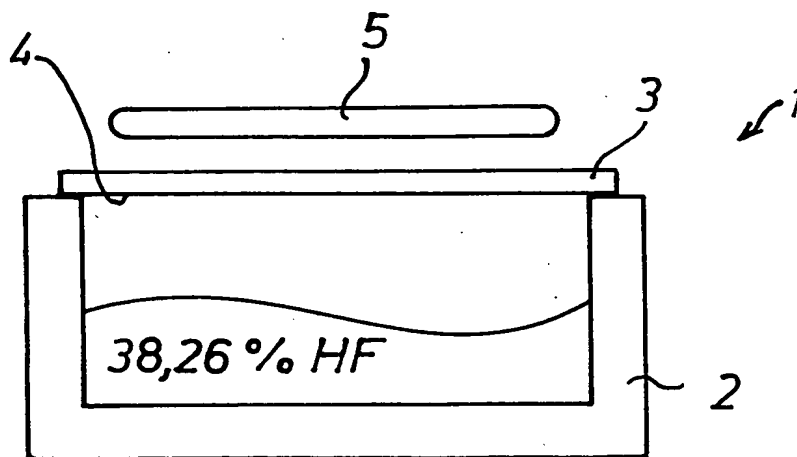


FIG. 1

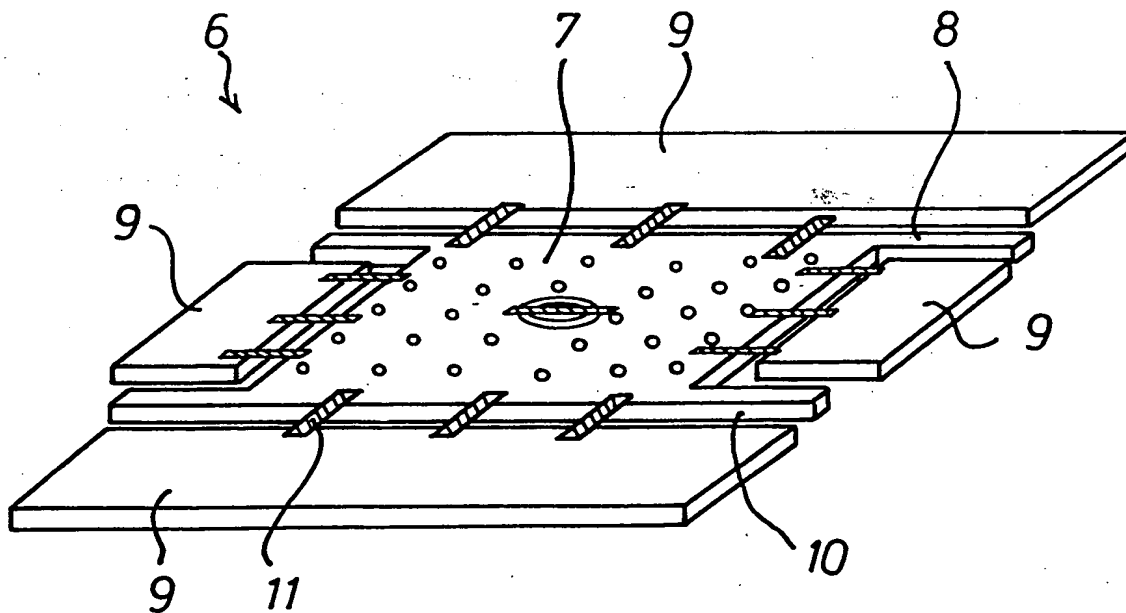


FIG. 2

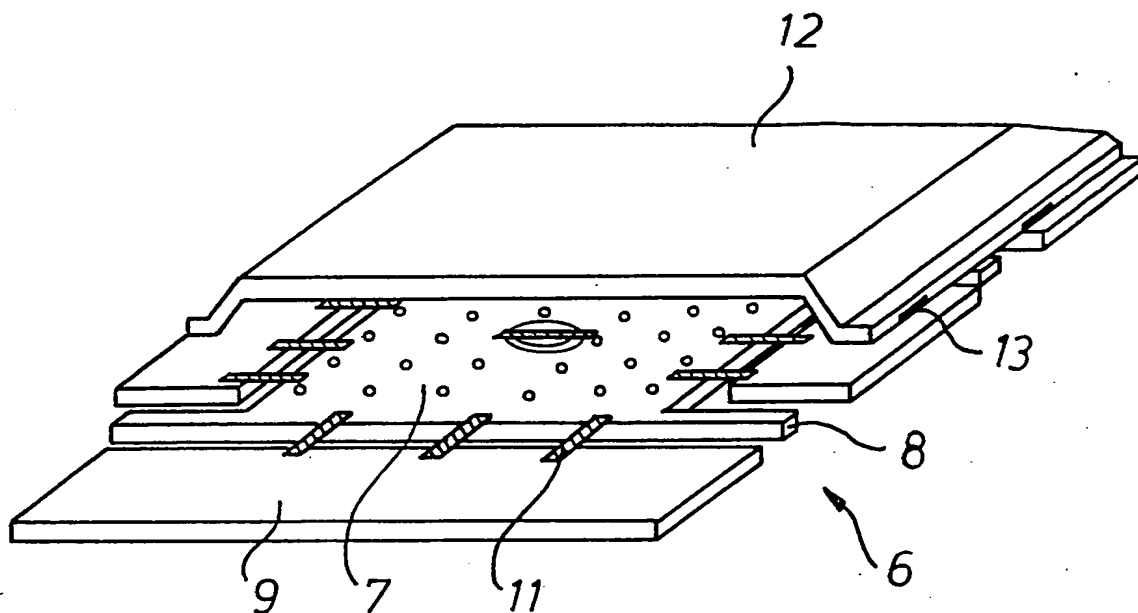


FIG. 3

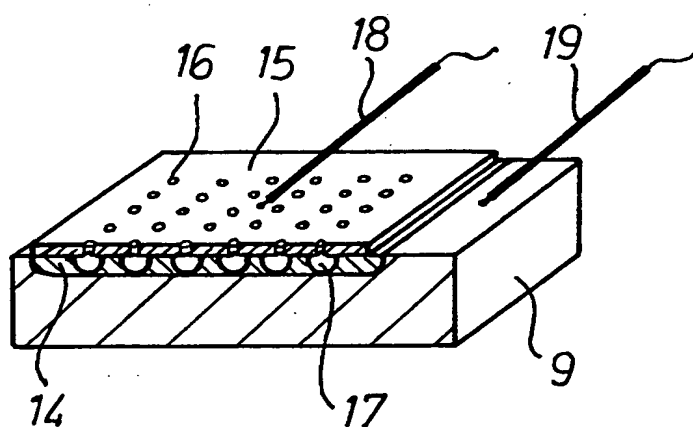


FIG. 4

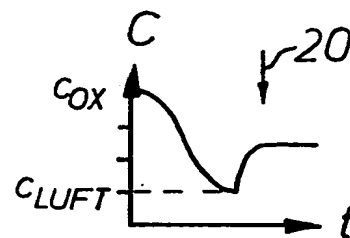


FIG. 5